

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## **Zefektivnění upínání odlitku při frézování**

Efficiency Improvement of Clamping of  
the Cast During Milling Process

Student:

Tomáš Šperlich

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Šárka Malotová

Ostrava 2018

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Šperlich**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: Zefektivnění upínání odlitku při frézování  
Efficiency Improvement of Clamping of the Cast during Milling Process  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Rešerše současného stavu upínání.
3. Návrh efektivnějšího řešení upínání.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: I. díl, Řezné nástroje*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2006. ISBN 80-7078-941-7.  
MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: II. díl, Přípravky*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava. 1991.  
HOFMANN, P. *Technologie montáže*. 1. vyd. Plzeň : Západočeská univerzita, 1997. 90 s. ISBN 80-7082-382-8.  
WHITNEY, E. Dow. *Ceramics Cutting Tools – Materials, Development and Performance*. Gainesville, Florida : Noyes Publication New Jersey, 1994, 350 p. ISBN 0-8155-1355-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Šárka Malotová**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018

*Sperlich*

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018.

.....Šperlich.....  
podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Šperlich

Adresa trvalého pobytu autora práce: Horní 53/75, Štěpánov 783 13

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠPERLICH, T. *Zefektivnění upínání odlitku při frézování: Bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2018, 52 s. Vedoucí práce: Malotová, Š.

Cílem této bakalářské práce je návrh efektivnějšího způsobu upínání odlitku při frézování. První část práce je věnována rozdělení a popisu jednotlivých upínacích přípravků. Ve druhé části je nejdříve popsán stroj, na kterém je součást obráběna. Poté je zde charakterizován samotný odlitek a postup jeho výroby. Následuje popis současného stavu upínání, jak je prováděno ve firmě UNEX, a.s. V poslední části práce je navržen nový způsob upnutí odlitku, který zefektivňuje proces výroby. V práci je rovněž zahrnuto technicko-ekonomické zhodnocení úspory času a nákladů. Celá práce je doplněna grafickým materiálem v podobě obrázků, nákrešů a fotografií.

Klíčová slova: upínání, upínací přípravek, odlitek, obrábění.

## ANOTATION OF BACHELOR THESIS

ŠPERLICH, T. *Efficiency Improvement of Clamping of the Cast During Milling Process: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2018, 52 p. Thesis head: Malotová, Š.

The aim of this bachelor thesis is the design of more effective way of clamping the cast during milling. The first part is focused on the distribution and description of individual clamping devices. In the second part, the machine on which the part is machined is described at first. Then the cast itself and its manufacturing process are characterized here. The following is a description of the current clamping state, as it is done in UNEX ,a.s. In the last part, a new process of the clamping of the cast is proposed to make the production process more efficient. A technical and economical evaluation of time and cost savings is also a part of the thesis. The whole work is supplemented with graphic material like pictures, drawings and photographs.

Key words: clamping, clamping device, cast, machining.

# Obsah

Seznam použitého značení .....	8
Úvod.....	9
1 Upínání obrobků.....	10
1.1 Univerzální přípravky .....	11
1.1.1 Strojní svěráky .....	11
1.2 Upínací zařízení .....	14
1.2.1 Určení polohy a velikosti upínací síly.....	15
1.2.2 Upínací mechanismy a jejich prvky.....	16
1.3 Dělicí přístroje .....	23
1.3.1 Druhy dělicích přístrojů .....	24
1.4 Naklápěcí upínací stoly.....	25
1.5 Skupinové přípravky .....	25
1.6 Stavebnicové přípravky .....	26
1.7 Konstrukce přípravků .....	27
2 Popis současného upínání součástí.....	28
2.1 Obráběcí stroj.....	28
2.2 Obráběná součást .....	29
2.2.1 Materiál obráběné součásti.....	29
2.2.2 Postup výroby součásti.....	29
2.3 Současný stav upínání.....	30
2.3.1 První způsob upnutí.....	30
2.3.2 Druhý způsob upnutí .....	31
3 Návrh efektivnějšího řešení upínání.....	37
3.1 Upnutí přípravku.....	40
3.1.1 Upnutí pomocí upínek.....	40
3.1.2 Upnutí pomocí systému ZeroClamp .....	40
4 Technicko-ekonomické zhodnocení.....	42

4.1	Výpočet úspory času .....	42
5	Závěr .....	45
	Poděkování .....	46
	Seznam použité literatury .....	47
	Seznam obrázků .....	49
	Seznam tabulek .....	51
	Seznam příloh.....	52

## Seznam použitého značení

Značka	Veličina	Jednotka
$F$	výchozí upínací síla	[N]
$F_{\text{ř}}$	řezná síla	[N]
$F_{\text{t}}$	třecí síla	[N]
$H_{\text{S}}$	hodinová sazba stroje	[Kč]
$M$	moment řezného odporu	[Nm]
$M_{\text{tr}}$	moment třecí síly	[Nm]
$Q$	upínací síla	[N]
$Q_{\text{c}}$	celková upínací síla	[N]
$T_{\text{CN}}$	celkový přípravný čas u nového přípravku	[min]
$T_{\text{CS}}$	celkový přípravný čas	[min]
$T_{\text{U}}$	časová úspora	[hod]
$U$	úspora na jedné sérii	[Kč]
$f$	součinitel tření	[-]
$f_1, f_2$	koefficienty kluzného tření	[-]
$i$	převodový poměr	[-]
$k$	koefficient bezpečnosti upínání	[-]
$r$	poloměr upnutí obrobku	[mm]
$t_{\text{sp1}}, t_{\text{sp2}}$	čas sestavení přípravku	[min]
$t_{\text{u1}}, t_{\text{u2}}$	čas prvního upnutí	[min]
$t_{\text{up}}$	čas upnutí 2ks do přípravku	[min]
$t_{\text{v1}}$	čas výměny součásti	[min]
$t_{\text{v2}}$	čas výměny přípravků	[min]



## Úvod

Strojírenská výroba je v dnešní době jednou z nejrychleji se rozvíjejících oblastí průmyslu, z toho důvodu jsou na ni kladeny stále vyšší nároky. Jedním z aktuálně řešených problémů je zkrácení času výroby za současného snížení výrobních nákladů. Toho je možné docílit přijetím nových technologií a navržením nových postupů ve výrobě, využitím výkonnějších strojů a nástrojů s vyšší trvanlivostí.

Jednou z možností, jak zkrátit vedlejší časy při obrábění, je použití vhodných upínacích přípravků. Konstrukce přípravků musí splňovat požadavky kladené na jejich přesnost, bezpečnost, odolnost vůči řezným silám a preciznost ustavení obrobků. Nezbytná je také odolnost proti opotřebení a vysoká tvrdost dosedacích ploch. Na trhu je dostupná celá řada vyhovujících přípravků, které lze použít jak pro kusovou, tak i pro sériovou výrobu. Pro kusovou, případně malosériovou výrobu je vhodné zvolit univerzální přípravky, jako jsou například svěráky, upínky, aj. Pro velkosériovou výrobu se naopak vyplatí zhotovení speciálního přípravku, který odpovídá specifickým vlastnostem konkrétního typu obrobku. Pořizovací náklady speciálních upínacích přípravků jsou ve srovnání s cenami univerzálních přípravků poměrně vysoké, přesto se jejich zapojení do velkosériové výroby vyplatí. Zkrácením upínacích časů a tím i celé výroby se výrazně zvyšuje produkce, čímž stoupají zisky a investice se tak brzy vrátí.

Právě sestrojením speciálního upínacího přípravku se bude tato práce zabývat. Téma bylo stanoveno ve spolupráci s firmou UNEX, a.s. Tato firma se specializuje na těžké strojírenství a metalurgii, se zaměřením na výrobu odlitků, výkovků, svařovaných dílů a těžkých ocelových konstrukcí. Cílem této práce je návrh efektivnějšího způsobu upínání odlitku během frézování a tím zkrácení celkových strojních časů a snížení nákladů na výrobu.

# 1 Upínání obrobků

Účelem upínání je zajištění správné polohy obrobku a jeho posouvání proti nástroji. Obrobek musí být upnutý bezpečně, spolehlivě a pevně ve správné poloze tak, aby se vlivem upnutí nedeformovala součást ani žádná z upínacích částí a zároveň aby nebyl poškozen obráběcí stroj ani nástroj. Obrobek musí být upnutím přitlačován na podpěry a dosedací plochy, které musí být čisté. Obráběná plocha musí být co nejbližší k upínací ploše stolu, v opačném případě musí být frézovaná plocha podepřena. Stejně tak je nutné podepřít tenkostěnné obrobky, aby se nemohly rozkmitat nebo prohnout vlivem řezných nebo odstředivých sil během obrábění. Upínací konstrukce nesmí bránit volnému odtoku řezné kapaliny nebo odchodu třísek. Zohledňuje se životnost upínacích prostředků, jednoduchost a rychlost upínání a vynaložené náklady na provedení upnutí.<sup>1-3, 8, 26</sup>

**Volba způsobu upnutí a upínacích prostředků závisí na:**

- požadované přesnosti,
- druhu a způsobu frézování,
- celkovém počtu obráběných kusů,
- tvaru a velikosti upínaného obrobku.<sup>1-4</sup>

**K upínání obrobků používáme:**

a) univerzální přípravky,

- strojní svěráky,

b) upínací zařízení,

- klíny,
- upínací šrouby, matice a podložky,
- upínky,
- výstředníky,
- vačky,
- upínací úhelníky,

c) dělicí přístroje,

d) naklápěcí upínací stoly,

e) skupinové přípravky,

f) stavebnicové přípravky.<sup>3</sup>

## 1.1 Univerzální přípravky

Univerzální přípravky se využívají při malosériové a kusové výrobě. Bez speciálních doplňků je lze užít i při upínání součástí jednoduchých geometrických tvarů. Přípravky jsou normalizovány a mají ustálený tvar. Vzhledem k velkosériové výrobě mají nižší pořizovací náklady než podobné speciální přípravky. Mohou být využity pro různé obrobky a obráběcí stroje.

Preciznost funkčních částí a ploch musí zaručovat požadovanou přesnost vyráběných předmětů. Obecně by přesnost přípravků měla být větší než funkční přesnost daných částí a ploch obráběcího stroje a zároveň by přípravky měly mít na přesnost funkce stroje co nejmenší vliv.<sup>5, 6</sup>

### 1.1.1 Strojní svěráky

Strojní svěráky jsou jedním z nejvíce používaných druhů univerzálních přípravků. Slouží k upínání obrobků jednoduchých geometrických tvarů na frézkách, hoblovkách, vrtačkách, obrážecích a podobných strojích. Upíná se sevřením čelistí svěráku prostřednictvím šroubu s ruční klikou, tlakového vzduchu nebo výstředníku a páky. Velikost strojních svěráků je dána šířkou a výškou upínacích čelistí a jejich největší možnou vzdáleností (rozevřením), zaručující ještě pevné a zároveň bezpečné upnutí. Bezpečnost a velikost upnutí ovlivňuje průměr upínacího šroubu a délka vedení posuvné čelisti.<sup>5, 6</sup>

Ke stolu frézky je svěrák připevněn pomocí upínacích šroubů se čtyřhrannými hlavami, které jsou zasunuty v T – drážkách pracovního stolu frézky. Svěrák je upnut do polohy, ve které jsou jeho upínací čelisti kolmé na drážky stolu nebo jsou s nimi rovnoběžné. Tato poloha je zajištěna pomocí dvou vodících per přišroubovaných v průběžné drážce spodní plochy svěráku a zapadajících do drážky stolu.<sup>1, 2, 4, 7</sup>

#### a) Strojní šroubový svěrák s posuvnou čelistí

Tento svěrák je nejběžnější a nejvíce využívaný strojní svěrák (viz obr. 1.1). Těleso svěráku z jedné pevné čelisti je opatřeno vedením pro posuvnou čelist. V té je zalisováno závitové pouzdro, kterým prochází upínací šroub zajištěný proti axiálnímu posuvu stavěcím kroužkem a zachycený v tělese svěráku. Obě čelisti mají vyměnitelné kalené vložky.<sup>1, 5, 6</sup>



Obrázek 1.1 – Svěrák s posuvnou čelistí

Zdroj: <http://shop.strojniveraky.cz/images/VHO-5x.jpg>

### b) Otočný svěrák

Otočný svěrák (viz obr. 1.2) má podobné uspořádání jako svěrák přímý. Svěrák je připevněn ke stolu nebo k upínací desce stroje otočnou kruhovou deskou, na níž jsou uloženy saně s čelistmi. Ve středu kruhové desky je zalisováno středící pouzdro. Na obvodu otočné desky se nachází stupnice, podle které se svěrák natáčí o požadovaný úhel kolem svislé osy. Otočné svěráky jsou konstruovány tak, aby je bylo možné použít ve spojení s točnicí jako svěráky otočné, nebo bez využití točnice jako normální strojní svěráky pro přímé upnutí na stole obráběcího stroje.<sup>1, 5, 6</sup>



Obrázek 1.2 – Otočný svěrák

Zdroj: [http://www.oblibene.biz/userdata/shopimg/azvercajk/\\_G3eiZb-4264\\_\\_3355500-1.jpg](http://www.oblibene.biz/userdata/shopimg/azvercajk/_G3eiZb-4264__3355500-1.jpg)

### c) Samostředící svěrák

Svěráky s prizmatickými upínacími čelistmi (viz obr. 1.3) jsou vhodné především k upínání válcových předmětů (hřídelů). Na saních svěráku lze za pomoci šroubu spravit a levým závitem posouvat obě čelisti tak, aby osa upnutého předmětu byla vždy ve stejné poloze bez ohledu na průměr. Upínací čelisti jsou po obou stranách vybaveny zářezy různých velikostí, proto je lze libovolně obracet v závislosti na průměru obrobku. Obě čelisti jsou kaleny.<sup>1, 5, 6</sup>



Obrázek 1.3 – Samostředící svěrák

Zdroj: [http://www.naros.cz/UserFiles/Image/sveraky/sverak\\_k\\_3\(1\).jpg](http://www.naros.cz/UserFiles/Image/sveraky/sverak_k_3(1).jpg)

#### d) Výstředníkový svěrák

Výstředníkový svěrák (viz obr. 1.4) se využívá především k upínání menších předmětů pravidelného tvaru. Místo upínacího šroubu se u výstředníkových svěráků používá výstředník. Pomocí výstředníku je také vyvozena upínací síla. Posuvná čelist se v zářezech na saních svěráku přestavuje pomocí šroubu nebo ručně.<sup>5, 6</sup>



Obrázek 1.4 – Výstředníkový svěrák

Zdroj: [https://www.i-frezy.cz/fotky4595/fotos/gen320/gen\\_vyr\\_20836542.jpg](https://www.i-frezy.cz/fotky4595/fotos/gen320/gen_vyr_20836542.jpg)

#### e) Pneumatický svěrák

V závislosti na typu konstrukce se v samotném tělese svěráku nachází buď vzduchový válec, nebo membránová komora. V horní části jsou umístěny upínací čelisti. Pevnou čelist je možné přestavit dle tloušťky obrobku. Pohyblivá (upínací) čelist vykonává krátký pohyb nutný k samotnému upnutí nebo uvolnění obrobku (upínací zdvih). Právě poměrně malý zdvih je při určitém nastavení upínací čelisti nevýhodou tohoto typu svěráku. Oproti ručním svěrákům však mají pneumatické svěráky (viz obr. 1.5) stále mnoho výhod:

- umožňují dosáhnout vysokých upínacích sil,
- zkracují vedlejší časy při upínání obrobků
- odstraňují tělesnou námahu při upínání.

Převodový mechanismus je tvořen dvou ramennou pákou, jejíž ramena jsou uprostřed kloubně spojena.<sup>5, 6</sup>



Obrázek 1.5 – Pneumatický svěrák

Zdroj: <http://shop.strojniveraky.cz/images/VMC-6P.jpg>

#### f) Hydraulický svěrák

Hydraulické svěráky (viz obr. 1.6) vynikají především svou přesností a tuhostí. S využitím odstupňované upínací čelisti lze dosáhnout velkého upínacího rozsahu, který umožňuje optimální využití posuvu stroje. Hydraulické svěráky se používají pro velké upínací síly.<sup>5, 6</sup>



Obrázek 1.6 – Hydraulický svěrák

Zdroj: [http://shop.strojniveraky.cz/popup\\_image.php?PID=449](http://shop.strojniveraky.cz/popup_image.php?PID=449)

## 1.2 Upínací zařízení

Obrobky ustavené v požadované poloze je dále nutno zajistit proti působení řezných sil použitím upínacích prvků. Upínací síly nesmí při upínání změnit polohu obrobku a musí být dostatečně velké aby se obrobek v průběhu obrábění nemohl uvolnit nebo deformovat. Při volbě upínání upínacích prvků a upínacích zařízení je rozhodující co nejkratší čas potřebný k upnutí obrobku.<sup>5, 6, 12, 13</sup>

#### Dělení upínacích zařízení:

- a) dle zdroje upínací síly:
- mechanické,
  - pneumatické,
  - hydroplastické,
  - hydraulické,
  - elektromagnetické,
  - elektromechanické,
  - účinky řezných sil.

- b) dle počtu upínacích prvků: -jednoduché (šrouby, klíny, vačky, páky, výstředníky)  
- složené (jedno a dvoučlankové, vícečlankové).
- c) dle stupně mechanizace: - ruční (mechanické, mechanicko-hydraulické),  
- mechanizované (hydraulické, pneumatické,  
pneumatickohydraulické, elektrické,  
elektromagnetické, magnetické,  
podtlakové, kombinované),  
- automatizované.<sup>6, 13</sup>

Upnutí je v podstatě pevné spojení s obráběcím strojem nebo s přípravkem. Počet a uspořádání upínacích článků jsou dány tvarem a tuhostí obrobku, velikostí a směrem řezných odporů, počtem ustavovacích ploch a jejich polohou vůči obráběné ploše, požadovanou drsností obrobených ploch a přesností obrábění. Upínací síla by měla působit proti pevným dorazům co nejbližší obráběné ploše. Působíště této síly musí působit proti pevným opěrkám a je určeno polohou opěrek a tvarem obrobku. Po stanovení opěrných prvků a jejich polohy a po určení ustavujících ploch obrobku se určuje způsob upnutí obrobku.<sup>5, 6</sup>

#### Doporučení při upínání obrobků:

- a) Při upínání nesmí působení upínacích sil změnit polohu ustaveného obrobku.
- b) Velikost upínacích sil musí být dostatečně velká, aby působením řezných odporů při obrábění nedošlo k posunu obrobku z jeho původní polohy ani k deformaci či chvění obrobku.
- c) Čas k upnutí musí být co nejkratší, proto je nutno pro upnutí použít pokud možno rychloupínací prvky.
- d) Při navrhování směru, velikosti a působíště upínací síly musí být zohledněna velikost a směr řezných odporů a jejich momentů.<sup>5, 6</sup>

### **1.2.1 Určení polohy a velikosti upínací síly**

Při stanovení velikosti upínacích sil se vychází s průřezu odebírané třísky a z řezných odporů. Pro zajištění bezpečnosti upnutí se vypočtená síla násobí koeficientem  $k$ , jehož velikost určují podmínky a druh obrábění (pro hrubování  $k = 3$ , pro práci na čisto  $k = 1,5$ ). Při stanovení hodnot vztahujících se k upínání obrobku se zohledňují řezné odpory a lze čerpat z následujících základních případů:

a) Jestliže výslednice řezných sil  $F_r$  a upínací síla  $Q$  mají stejný směr a smysl a obě působí proti opěrce, je  $Q$  minimální.

b) Jestliže řezné síly  $F_r$  a upínací síla  $Q$  působí proti sobě, pak:

$$Q = k \cdot F_r \quad [\text{N}] \quad (1.1)$$

c) Jestliže proti řezné síly  $F_r$  působí třecí síla  $F_t$  v místě upnutí a na ustavující ploše a zároveň působí kolmo na řeznou sílu  $F_r$  upínací síla  $Q$ , pak se  $Q$  určuje ze vztahu:

1)  $f_1 \neq f_2$ , kde  $f_1, f_2$  jsou koeficienty kluzného tření:

$$Q = \frac{k \cdot F_r}{f_1 + f_2} \quad [\text{N}] \quad (1.2)$$

2)  $f_1 = f_2 = f = 0,1$  (tření mezi hladkými obrobenými plochami):

$$Q = 5 \cdot k \cdot F_r \quad [\text{N}] \quad (1.3)$$

d) Jestliže je obrobek upnut v tříčelistovém sklíčidle a působí na něj složka řezné síly  $F_z$  ve směru osy obrobku a moment řezného odporu  $M$ , pak

$$Q_c = \frac{k \cdot M}{f \cdot r} \quad [\text{N}] \quad (1.4)$$

e) Jestliže je při upnutí obrobku s válcovým otvorem použito rozpínacích trnů, pak na obrobek působí moment řezného odporu  $M$  a zároveň moment třecí síly dané vztahem:

$$M_{tř} = Q_c \cdot f \cdot k \quad [\text{Nm}] \quad (1.5)$$

Výsledná upínací síla je v tom to případě dána vztahem:

$$Q_c = \frac{k \cdot M_{tř}}{f \cdot r} \quad [\text{N}] \quad (1.6)$$

Upínací síly určené teoreticky musí být vždy menší nebo rovny skutečným upínacím silám vyvozeným upínacími mechanismy, kde skutečná velikost upínací síly  $Q$  je určena součinem výchozí upínací síly  $F$  a převodového poměru  $i$  vloženého upínacího mechanismu.<sup>6, 11</sup>

### 1.2.2 Upínací mechanismy a jejich prvky

Upínací mechanismy přípravků jsou rozděleny na jednoduché (šrouby, páky, klíny, výstředníky atd.) a složené, které jsou tvořeny spojením dvou nebo tří jednoduchých mechanismů (např. šroub – klín, šroub – páka). Všechny upínací mechanismy jsou opatřeny hlavním vodícím článkem (působí na něj upínací síla) a jedním nebo více vedlejšími články (rozdělovače tlaku, upínací čelisti, upínky apod.) přenášejícími upínací sílu na obrobek. Dle počtu vedlejších článků jsou upínací mechanismy rozděleny na jednočlánekové, dvoučlánekové nebo mnohočlánekové. Několikačlánekové mechanismy mohou upínat buď jeden obrobek na několika místech současně, nebo více obrobků



zároveň v jednom přípravku tak, že na každý z těchto obrobků působí síla o stejné velikosti. Mezi upínací prvky řadíme klíny, upínky, výstředníky, vačky, upínací šrouby, matice, podložky.<sup>6</sup>

### a) Klíny

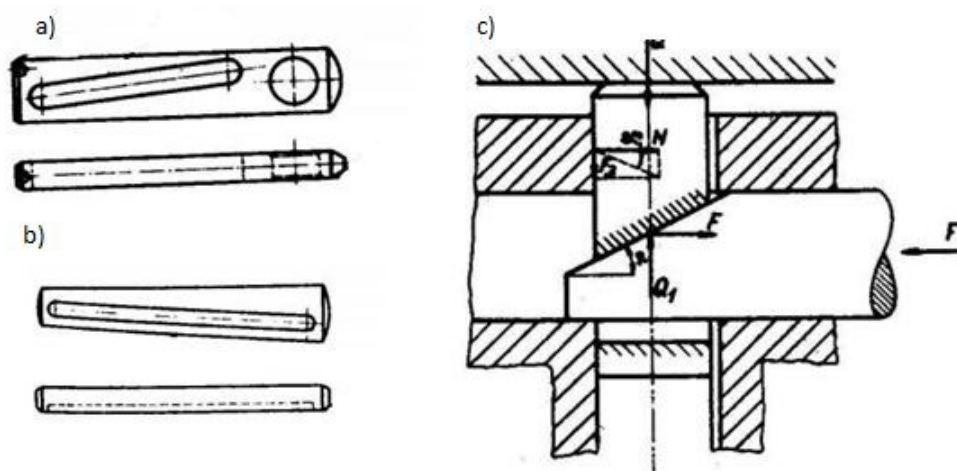
Klínové mechanismy jsou při konstrukci přípravků často používané pro svou jednoduchost a snadnou výrobu, malé rozměry a možnost změnit směr upínací síly vzhledem k síle působící. V praxi se využívají celkem dva druhy klínových upínacích mechanismů a to jednostranné upínací klíny a několika klínová upínací pouzdra (kleštiny). Upínací kleštiny lze považovat za více klínové mechanismy, kde každá s čelistí představuje jednostranný klín.

**Klínové mechanismy s válcovým vedením – tzv. plunžry** (viz obr. 1.7c) jsou podobné plochým klínovým mechanismům. V podstatě se jedná o ocelové válečky vedené válcovým otvorem. Všechny mají kruhový průřez a jsou tvořeny jednostranným klínem.

**Samostředící klínové upínací mechanismy s několika upínacími čelistmi** jsou konstruovány tak, aby se obrobek při upnutí současně ustavil. Využívají se pro upínání obrobků s vnitřním válcovým povrchem.

Dalšími typy klínů jsou například upínací klíny s drážkou (viz obr. 1.7b) nebo sklopné upínací klíny (viz obr. 1.7a).

Upínací klíny jsou často využívány pro jejich velké upínací síly a bezpečnost upnutí. Používají se při obrábění horních ploch obrobku, kde nesmí upínací prvky překážet při obrábění.<sup>5, 6, 9, 13</sup>

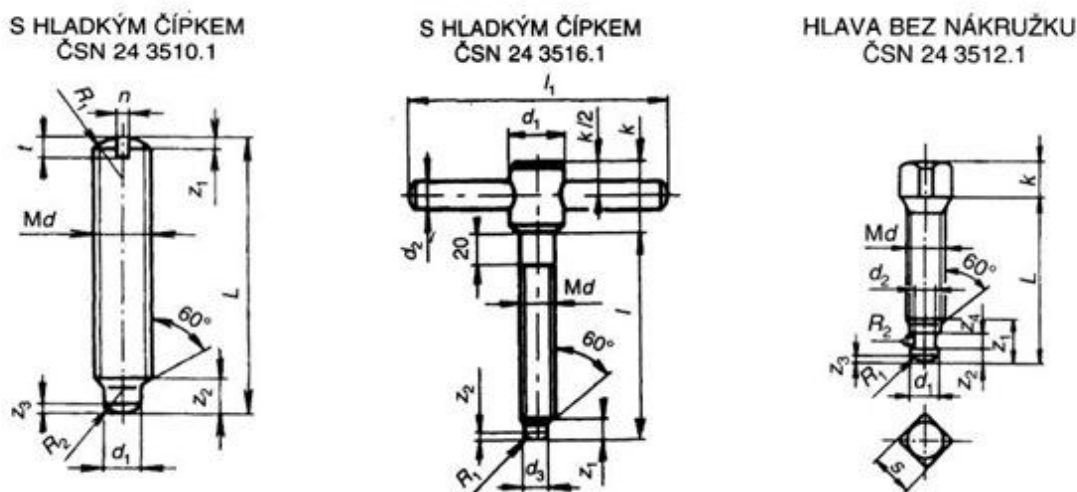


Obrázek 1.7 – Upínací klíny<sup>6</sup>

## b) Upínací šrouby, matice a podložky

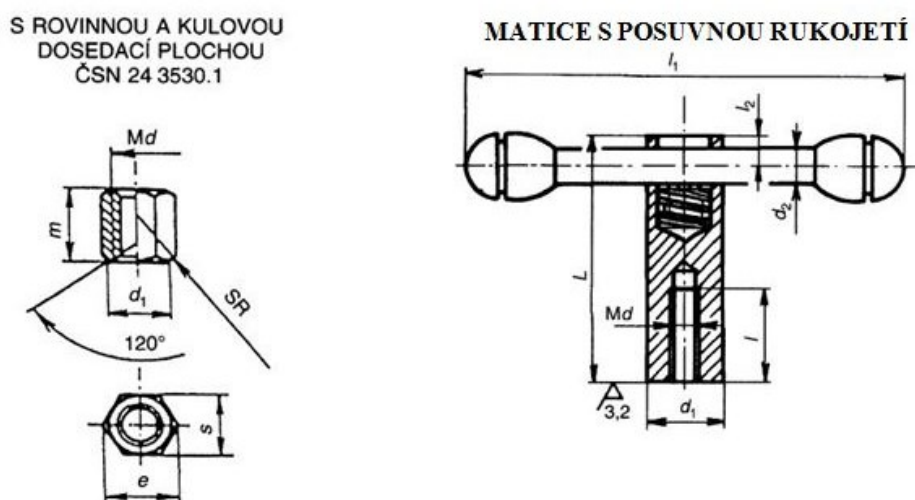
Řadí se mezi nejpoužívanější upínací prvky pro své výhody, jako je jednoduchost, univerzálnost, samosvornost, všestranné použití, dosažení velké upínací síly při působení malé síly výchozí a možné využití při vzniku rázů při obrábění. Naopak nevýhodami jsou časová náročnost upínání při velkých zdvizech a riziko porušení součásti, pokud šroub působí přímo na plochu obrobku (dochází k otlacení plochy obrobku). Otlacení je možno zabránit vložení přitlačné opěrky.<sup>5, 6</sup>

**Upínací šrouby** (viz obr. 1.8) slouží k zajištění polohy obrobku proti posunutí vlivem řezných odporů při obrábění. Šrouby mohou na obrobek působit buď přímo, nebo prostřednictvím dalších prvků (např. klíny, upínky, rozdělovače tlaku). Ty mohou při vhodném zvolení změnit velikost, směr i působíště síly vyvinuté šroube. Šrouby jsou jako upínací prvky vhodné pro upínání drobných součástí, ale i při upínání součástí velkých a těžkých nebo v případech, ve kterých vznikají při obrábění značné rázy. Převážná většina upínacích šroubů je v ČSN normách. Jedná se o upínací šrouby se zářezem a čípkem, se zářezem a čípkem s výkružkem, se čtyřhrannou hlavou a přitlačnou opěrkou nebo čípkem s výkružkem, s nasazenou křídlovou hlavou a čípkem nebo s přitlačnou opěrkou, s nasazenou rukojetí, s nasazenou rýhovanou hlavou a čípkem nebo přitlačnou opěrkou, šrouby s posuvnou rukojetí, s kolíkovou rukojetí a šrouby rychloupínací.<sup>5, 6, 9, 13</sup>



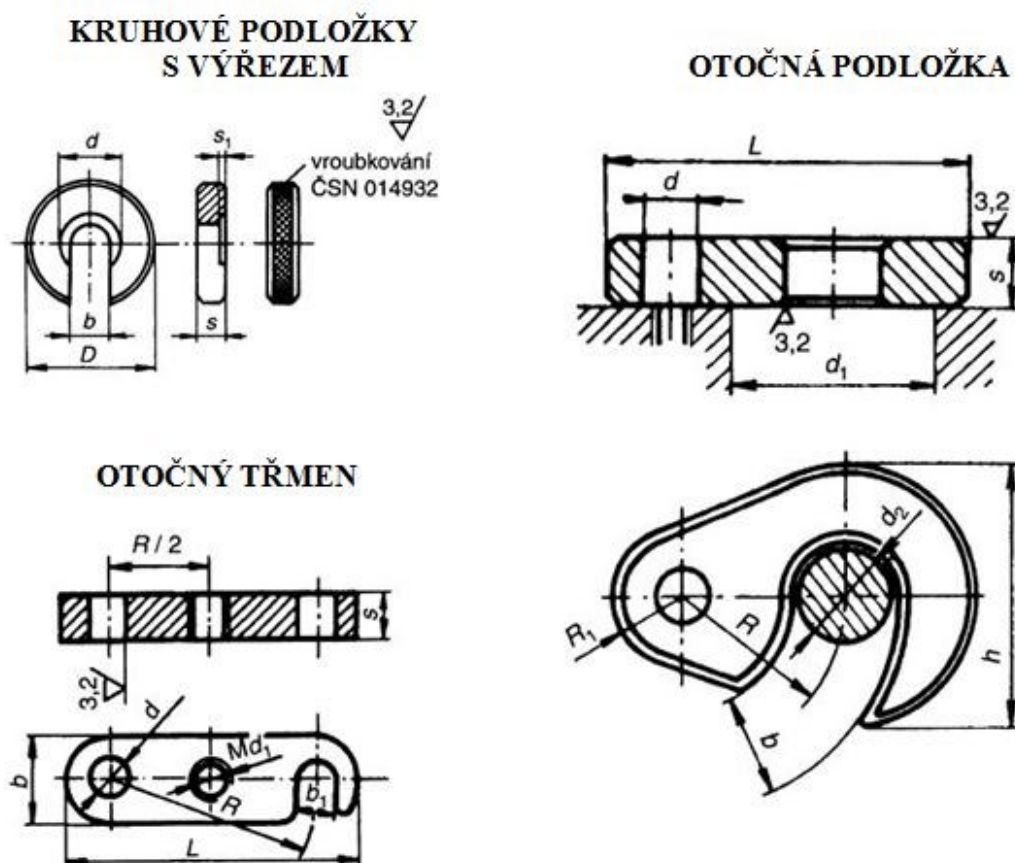
Obrázek 1.8 – Upínací šrouby <sup>10</sup>

**Upínací matice** (viz obr. 1.9) jsou používány v případech, kdy šroub tvoří pevnou, sklopnou nebo přitlačnou součást přípravku. V takovém případě slouží matice jako přímý upínací prvek. Mezi základní druhy matic dle ČSN řadíme křídlové matice, rychloupínací matice, rýhované matice, křídlaté matice, matice se sklopnou, posuvnou nebo kolíkovou rukojetí, matice vysoké čtyřhranné s nákrůžkem a kulovou dosedací plochou nebo s rovinnou dosedací plochou, vysoké šestihranné matice s nákrůžkem nebo bez nákrůžku a s rovinnou dosedací plochou.<sup>5, 6, 9</sup>



Obrázek 1.9 – Upínací matice<sup>10</sup>

**Podložky** (viz obr. 1.10) se používají u přípravků pro podložení hlavy šroubu nebo matice. Při rozdílných výškách obrobku se pro přesné ustavení upínky, upínacího šroubu a upínací matice využívají kulové podložky a kuželové pánve. Pro možnost rychlé výměny obrobku jsou využívány kruhové vroubkované podložky s výřezem. Po uvolnění matice upínacího trnu umožní výřez vysunutí podložky vyjmutí obrobku převléknutím přes matici bez nutnosti jejího vyšroubování. Podmínkou je větší vnitřní průměr obrobku než vnější průměr matice. Stejnou funkci plní i podložky otočné, které jsou s přípravkem spojeny šroubem (jsou tak nedílnou součástí přípravku), okolo kterého se po uvolnění šroubu nebo matice pootočí tak, aby bylo možné vyjmutí obrobku.<sup>5, 6</sup>

Obrázek 1.10 – Podložky<sup>10</sup>

### c) Upínky

Upínky (viz obr. 1.11) jsou v podstatě dvouramenné páky vložené mezi upínací prvek a obrobek, které upínají obráběné předměty buď k upínacímu stolu obráběcího stroje nebo přímo k hlavnímu tělesu přípravku. Pomocí upínek lze měnit směr i velikost upínací síly. Používají se k rozdělení upínací síly nebo jejímu přenesení do nejvýhodnějšího místa, čehož by bylo jiným způsobem velmi obtížné dosáhnout. Upínky současně usnadňují vkládání a vyjímání obrobku.

Upínku je možné považovat za nosník podepřený dvěma podpěrami, který je zatížen silou na některé vnější straně nebo mezi podpěrami. Nejčastěji používané upínky jsou zatíženy silou působící mezi dvěma podpěrami, kde jedna z nich bývá tvořena přímo obrobkem. Tyto upínky využívají pouze část upínací síly, proto mají nejmenší účinnost. Při výpočtu upínky je nutno vycházet z vypočítané či zvolené upínací síly, která odpovídá řezným silám působícím na obrobek. Vlastní výpočet upínky je určen polohou působíště upínací síly a tvarem upínky.

Mezi nejpoužívanější druhy upínek dle normy ČSN patří upínky tvaru U (univerzální upínací pomůcka kusové a malosériové výroby), ploché upínky posuvné, zahnuté upínky posuvné (při potřebě uvolnit prostor řezné dráhy nástroje nebo snížit rovinu upínací matice), sedlové upínky (stejně výhody a možnost upnutí dvou obrobků současně), ploché upínky otočné a zahnuté upínky otočné.<sup>6, 13, 14</sup>

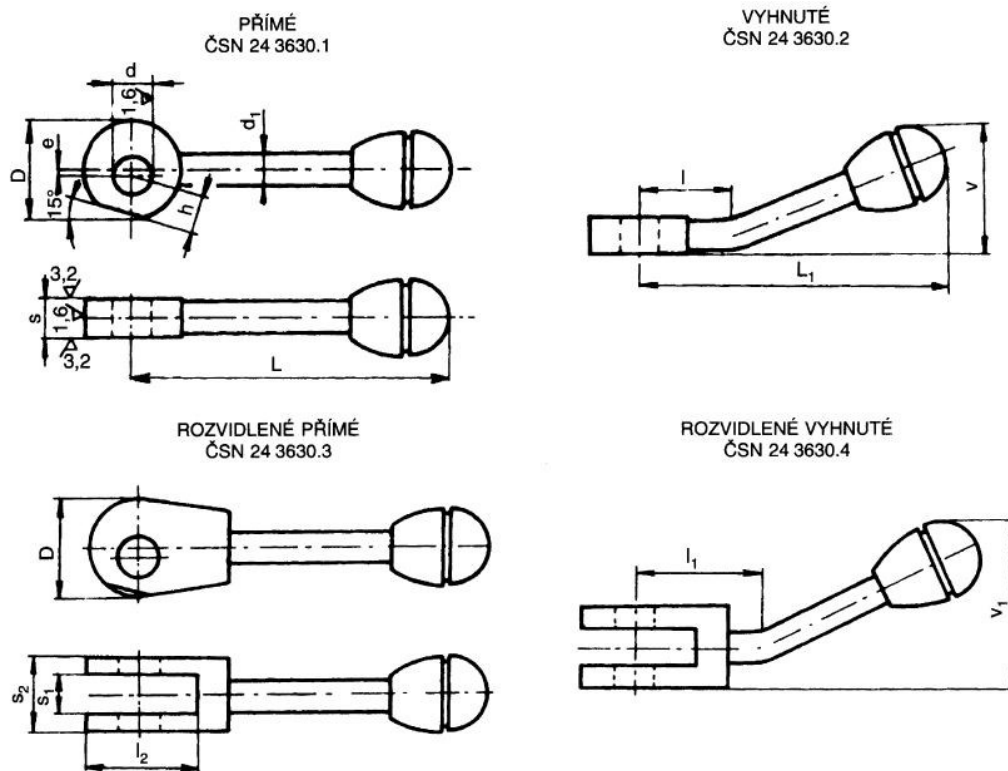


Obrázek 1.11 – Upínky

Zdroj: <http://www.cncshop.cz/sada-upinek-24ks-m6-drazka-t8>

#### d) Výstředníky

Oproti šroubům mají výhodu v rychlosti působení, ale mají malý zdvih, proto jsou vhodné spíše pro upínání obrobků s menšími rozměrovými úchytkami. Dle normy ČSN rozlišujeme celkem tři druhy výstředníků (jeden druh tažných a dva druhy tlačných výstředníků). V podstatě se jedná o páky jejichž upínací prvek na obrobek působí buď přímo a nebo prostřednictvím přítlačné součásti přípravku. Činné části výstředníků se vyrábí s cementační oceli, páky jsou vyrobeny z konstrukční oceli a koule jsou zhotoveny z plastické hmoty a našroubovány a zatmeleny na pákách. Kromě uvedených normalizovaných výstředníků (viz obr. 1.12) se používají i výstředníky speciální.<sup>6, 9, 13</sup>

Obrázek 1.12 – Výstředníky<sup>10</sup>

### e) Vačky

Mezi rychloupínací prvky se řadí rovněž vačky. Vačky se dělí na axiální, které mají tvar šroubové plochy, a radiální, které jsou tvarem i způsobem práce velmi podobné upínacím výstředníkům. Oproti výstředníkům však mají větší zdvih a samosvornost v celém rozsahu stoupání. Další výhodou je jednoduchost výpočtů, nevýhodou naopak vyšší cena výroby.<sup>6, 13</sup>

Obvodová křivka (upínací plocha) může být jakákoliv křivka zajišťující požadovanou samosvornost. Nejčastěji se jedná o Archimédovu spirálu, která je velmi jednoduchá na výrobu. Vačky s profilem Archimédovy spirály se zhotovují na frézce za pomoci přípravků, dělicí hlavy, nebo na numericky řízené frézce.<sup>5, 13</sup>

Axiální vačky, které upínají šroubovou plochou na čele vačky, mívají profil šroubovice. Také u vaček se šroubovou plochou je největší výhodou jednoduchá výroba. Základní nedostatky výstředníků (složitost výpočtů a malý úhel zdvihu) lze odstranit pomocí vaček s profilem logaritmické spirály. Je to jediná křivka se stálým úhlem stoupání. Další výhodou jsou velmi jednoduché výpočty. Tento typ vaček je však výrobně velmi složitý a drahý, proto se v upínacích zařízeních příliš nepoužívá.<sup>5, 13</sup>

### f) Upínací úhelníky

Upínací úhelníky (viz obr. 1.13) se používají pro upnutí součástí s rovinnou plochou. Vhodné jsou především v případech, kdy je upínací plocha součásti rovnoběžná s obráběnou plochou, nebo je k ní kolmá. Úhelníky jsou tvořeny dvěma pevnými rameny, která spolu svírají pravý úhel. Ramena jsou často vyztužena žebry a vybavena podélnými drážkami pro umístění upínacích šroubů, které pak slouží k upnutí součásti, stejně jako pro připevnění úhelníku k desce stroje nebo ke stolu. Obě vnější strany úhelníků bývají obrobena a obě funkční plochy jsou zaškrábány za účelem dosažení co nejvyšší přesnosti.<sup>19</sup>



Obrázek 1.13 – Upínací úhelník

Zdroj: [http://shop.strojniveraky.cz/product\\_info.php?cPath=66&products\\_id=377](http://shop.strojniveraky.cz/product_info.php?cPath=66&products_id=377)

## 1.3 Dělicí přístroje

Dělicí přístroje se řadí mezi nejpoužívanější přídavná zařízení používaná na frézkách. Většinou jsou dodávány jako zvláštní příslušenství frézek spolu s několika dělicími kotouči a výměnnými koly. Stejně jako otočné stoly patří k základnímu vybavení frézek a rozšiřují pracovní možnosti stroje.<sup>15</sup>

V závislosti na konstrukci umožňují dělicí přístroje plnění tří hlavních úkolů při obrábění:

- a) Rozdělení obvodů obrobků na daný počet dílů a natočení obrobku do polohy vhodné pro další frézovací záběr (frézování drážek, výřezů, mnohohranů...),
- b) Nastavení obrobků do polohy šikmo ve vztahu k vodorovné ose (frézování drážek kuželové plochy),
- c) Natočení obrobků za současného přímočarého pohybu podélného stolu (frézování šroubovitých drážek).<sup>16</sup>

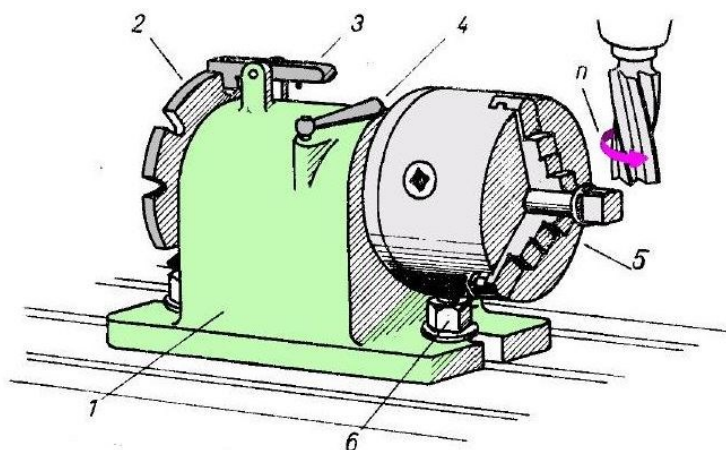


### 1.3.1 Druhy dělicích přístrojů

Rozlišují se dva základní druhy dělicích přístrojů:

#### a) Jednoduchý dělicí přístroj

Využívá se jen u jednoduchého obrábění, jelikož konstrukce dělicího přístroje umožňuje plnění jen prvního z výše uvedených úkolů. Rozdělení obvodu obrobku je možné pouze na omezený počet dílů, který je dán počtem otvorů, výřezů nebo drážek na dělicím kotouči. Zpravidla se jedná o 24 zářezů, obrobek lze tedy rozdělit pouze na 24, 12, 8, 6, 4, 3 nebo 2 stejné díly. Obrobky jsou upnuty zpravidla do univerzálního sklíčidla. Jednoduché dělicí přístroje (viz obr. 1.14) jsou využívány především v sériové výrobě při frézování jednoduchých drážek a výřezů nebo při frézování čtyřhranných a šestihraných hlav matic a šroubů. Umožňují však pouze jednoduché dělení.<sup>16, 17</sup>



1 – tělo přístroje, 2 – dělicí kotouč, 3 – západka, 4 – šroub zajišťující vřeteno,  
5 – univerzální sklíčidlo s upnutým obrobkem, 6 – upínací šroub s maticí,  
n – směr otáčení frézy

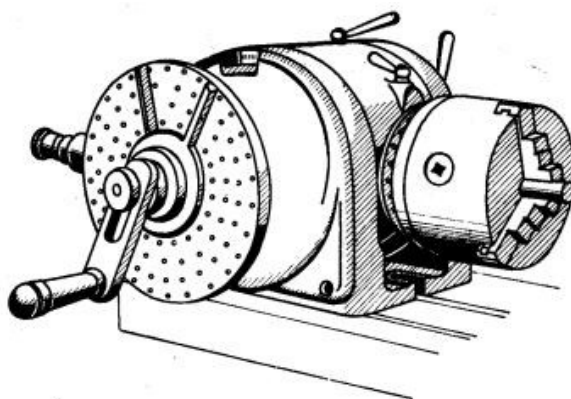
Obrázek 1.14 – Jednoduchý dělicí přístroj

Zdroj: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1503/frezovani-pomoci-delicich-pristroju>

#### b) Univerzální dělicí přístroj

Univerzální dělicí přístroj (viz obr. 1.15) je schopen plnit všechny tři výše uvedené úkoly, pokud má dělicí mechanismus, sklápěcí mechanismus a převodový mechanismus. Od jednoduchého dělicího přístroje se dále liší jak celkovým vzhledem, tak i konstrukcí jednotlivých částí. Na rozdíl od jednoduchého přístroje je také vybaven dvěma hřídelemi. Na obou stranách dělicího kotouče jsou rozmístěny otvory v jedenácti soustředných kružnicích tak, že se jejich počet směrem od středu zvětšuje. To umožňuje dělení obvodu až do 120 dílů v pravidelném odstupňování, v nepravidelném odstupňování lze dělit až do 720. Pro možnost upnutí a obrábění dlouhých obrobků je dělicí vřeteno přístroje duté. Univerzální dělicí přístroje umožňují jednoduché i složené nepřímé dělení.<sup>16</sup>





Obrázek 1.15 – Univerzální dělicí přístroj

Zdroj: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=46138&revision=-1&instance=2>

## 1.4 Naklápěcí upínací stoly

Naklápěcí upínací stoly (viz obr. 1.16) jsou využívány pro upínání součástí, jejichž upínací plocha svírá s obráběnou plochou libovolný úhel. Z polohy, kdy je upínací stůl rovnoběžný s plochou stolu nebo desky stroje, jej lze na kolébce naklopit na obě strany o úhel  $45^\circ$ . Velikost žádaného sklonění je nastavena podle úhlové stupnice a nonia. V kolébce stolu jsou výřezy pro dva šrouby sloužící k zajištění nastavené plochy. Dále je stůl vybaven drážkami tvaru T pro umístění šroubů, které upínají součást. Manipulace při nastavování požadované polohy a při sklápění může být usnadněna za pomoci šnekového převodu.<sup>19</sup>



Obrázek 1.16 – Naklápěcí upínací stůl

Zdroj: <https://www.uni-max.cz/naklapeci-stul-150-200-mm/d/>

## 1.5 Skupinové přípravky

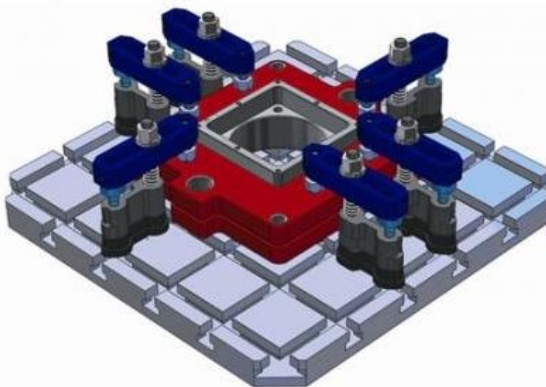
Univerzální přípravky jsou ve své podstatě předchůdci přípravků skupinových, jelikož i u nich lze dosáhnout za pomoci seřízení nebo jednoduché výměny některých dílů širokého využití. Skupinové přípravky jsou využívány vždy pro skupinu obrobků, které mají podobné umístěny obráběných ploch, společné konstrukčně technologické znaky, a neliší se v požadavcích na jakost povrchu a přesnost zpracování.

Tyto přípravky se skládají ze součástí stálých a těch, které lze vyměnit nebo seřídít. Stálými součástmi jsou upínací mechanismus s upínací jednotkou a samotné těleso přípravku. Mezi vyměnitelné nebo seřiditelné součásti se řadí ustavovací, vodící a upínací elementy přípravku.

Skupinové přípravky nejsou konstruovány pro každý obrobek individuálně, ale konstruuje se vždy najednou pro celou skupinu obrobků. Vzhledem k velkému počtu vyráběných součástí je ekonomicky výhodnější zkonstruovat třeba i složitější skupinový přípravek pro celou skupinu obrobků, než využít speciálních přípravků pro každý obrobek zvlášť. Pro celou skupinu obrobků je tak využíván buď nezměnný přípravek, nebo jsou v něm v průběhu obrábění vyměňovány či seřizovány některé součásti nebo jednoduché mechanismy. Pro obrobky s jednoduchými tvary je v hromadné a velkosériové výrobě vždy výhodné vypracovat skupinové typizované postupy, a zároveň i s nimi skupinové přípravky, které garantují značný ekonomický efekt.<sup>19</sup>

## 1.6 Stavebnicové přípravky

Stavebnicové přípravky (viz obr. 1.17) jsou sestavovány v určitý přípravek za použití jednotlivých typizovaných dílů. Tyto díly jsou spojovány buď šrouby s T hlavou, které jsou zasunuty do T drážek jiných dílů, nebo šrouby závrtnými, které se montují do závitových děr přípravků. Jednotlivé součásti ve stavebnicových soupravách lze rozdělit do šesti skupin dle účelu použití. Každá souprava obsahuje součásti základové (základové desky a úhelníky), součásti opěrné (například podložky, opěry, úhelníky, lišty nebo prizmata), součásti ustavovací (středící kroužky a čepy, kolíky, středící pouzdra), součásti vodící (hřídele, držáky ramen, vrtací pouzdra), součásti upínací (výstředníky, klouby, upínací hroty a různé typy upínek) a součásti spojovací (podložky, šrouby a matice různých druhů).<sup>19</sup>



Obrázek 1.17 – Stavebnicový přípravek

Zdroj: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vyuziti-pocitacove-podpory-pri-konstrukci-pripravku.html>

## 1.7 Konstrukce přípravků

Hlavními zásadami při konstrukci jakýchkoliv přípravků jsou přesnost a především hospodárnost. Navrhovaný přípravek splňuje tuto podmínku tehdy, když jsou náklady na jeho pořízení a údržbu nižší než úspory dosažené zavedením tohoto přípravku. Velikost těchto úspor je závislá na úsporách, kterých je dosaženo nejdříve na jednom obrobku, poté na celkovém počtu obroků.<sup>25</sup>

Při porovnání obroků obráběných na konkrétním obráběcím stroji za dané období se ukazuje, že lze tyto obrobky třídit na několik skupin. V těchto skupinách jsou si obrobky na tolik podobné, že lze pro jejich výrobu zkonstruovat společný přípravek. Kvůli drobným odlišnostem jednotlivých obroků jsou některé součásti tohoto přípravku výměnné nebo seřizovatelné. Většina součástí přípravků je ale společná pro celou skupinu obroků. Tím se mnohonásobně zvyšuje počet součástí obráběných v jednom přípravku a současně se navyšují dosažené úspory. To umožňuje konstrukci složitějšího a dražšího, ale také účinnějšího přípravku.<sup>19</sup>

Obrobky v každé skupině jsou rozděleny na jednotlivé podskupiny, tedy na obrobky, které lze obrábět na jediném obráběcím stroji, a které tak umožňují konstrukci společného výrobního zařízení. Pro tuto konstrukci je z podskupiny vybrán základní obrobek, zpravidla ten nejsložitější. Ten musí obsahovat geometrické prvky všech dalších obroků v celé skupině. Pokud to tak není, jsou ostatní obrobky postupně analyzovány a zjištěné odlišné geometrické prvky jsou dokreslovány do základního obrobku. Tak vzniká nový, tzv. komplexní obrobek. Podle něj je zkonstruováno společné výrobní zařízení, jež je vhodné pro výrobu všech obroků v podskupině pouze s drobnými úpravami.<sup>19</sup>

## 2 Popis současného upínání součásti

V této kapitole bude rozebrán současný stav upínání. Nejprve bude charakterizován obráběcí stroj, který je používán pro frézování zvolené součásti. Dále zde bude podrobněji popsán odlitek, který je obráběn. Nakonec bude uveden současný postup při upínání tohoto odlitku, skládající se ze dvou operací, které budou rovněž blíže specifikovány.

### 2.1 Obráběcí stroj

Součást je frézována na horizontální vyvrtávačce WFT 13 CNC. Tento stroj se používá pro efektivní obrábění těžkých a velkých obrobků. Výhodou je zachování kvality povrchů a vysoké přesnosti. Stroj se rovněž vyznačuje širokým technologickým využitím, vysokým řezným výkonem, jednoduchou obsluhou a vysokou provozní spolehlivostí. Vzhledem k tuhému a výkonnému vřeteníku, nejpresnějšímu stolu své kategorie a také vysoké axiální síle je schopen plnit i nejnáročnější požadavky. Díky modulární konstrukci je možné stroj sestavit podle požadavků zákazníka.<sup>20</sup>

Tabulka 2.1 – Technické parametry stroje<sup>21</sup>

<b>Podélný pojezd X</b>	3500 mm
<b>Svislý pojezd Y</b>	2000 mm
<b>Příčný pojezd Z</b>	1500 mm
<b>Výsuv vřetene W</b>	730 mm
<b>Upínací deska stolu</b>	1800 x 2600 mm
<b>Max. váha obrobku</b>	15 t
<b>Řídící systém</b>	Heidenhain iTNC 530 HS



Obrázek 2.1 – Obráběcí stroj WFT 13 CNC

Zdroj: <http://www.fermatmachinery.com/wft13-cz>

## 2.2 Obráběná součást

Vyhotovená součást je součástí nápravy jednoho z největších korbových sklápěčů, které slouží pro těžbu nerostných surovin jako je měď, uhlí, zlato nebo železo např. v USA nebo Austrálii. Mechanické části vozu jsou konstruovány tak, aby umožnily převoz nákladu o váze až 360 tun. Při plném naložení činí zatížení podvozku, jehož je odlitek součástí, někdy i 150 tun. Proto je nutné zvolit při výrobě ramene materiál s odpovídajícími vlastnostmi.

### 2.2.1 Materiál obráběné součásti

Rameno je vyrobeno ve formě odlitku z nízkolegované oceli ČSN 42 2160, ekvivalentem ASTM A487 4B. Jedná se o ocel vhodnou pro odlitky, která je díky vysoké pevnosti využívána pro výrobu součástí pracujících pod tlakem, ventilů a čerpadel. Chemické a mechanické složení materiálu je uvedeno v tabulkách 2.2 a 2.3.

Tabulka 2.2 – Chemické složení materiálu [%]

C [%]	Mn [%]	Si [%]	Cr [%]		Ni [%]		Mo [%]		V [%]	Cu [%]	W [%]	P [%]	S [%]
<i>max</i>	<i>max</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>max</i>	<i>max</i>	<i>max</i>	<i>max</i>	<i>max</i>
0,25	1,00	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,15	0,30	0,03	0,50	0,10	0,04	0,04

Tabulka 2.3 – Mechanické vlastnosti materiálu

Re [Mpa]	Rm [Mpa]		Ax [%]	Z [%]	HB [-]		Zkouška rázem v ohybu [J]	
<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>vrub I</i>	<i>min</i>
585	725	895	17	40	207	255	KV- 40°C	20

### 2.2.2 Postup výroby součásti

Rameno je odlitek značných rozměrů a hmotnosti. Po samotném odlití musejí následovat další operace před tím, než je možné součást obrábět. Nejdříve je nutné odlitek předežhřát na teplotu 350°C, teprve pak může dojít k upálení nálitku, kapes, výfuku a k napálení přilítých klínů. Následuje normalizační žíhání při teplotě 900 – 920°C, při němž získáme jemnozrnnou a homogenní feriticko-perlitickou strukturu. Následně dochází k tryskání a apretaci odlitku. V průběhu provedení základní apretace před hrubováním dochází k odstranění zbytků písků, slévarenských vad typu výronků, zateklin, zadrobenin a ostatních povrchových vad procesem broušením, nebo jeho

kombinací s drážkováním či vypalováním. Po provedení všech výše uvedených operací může být součást předána na obrobnu.

## 2.3 Současný stav upínání

Současný stav upínání obrobku byl navržen samotnými zaměstnanci firmy. Postupem času byl způsob upínání upravován a zdokonalován v souladu se zkušenostmi získanými obráběním součástí. Podle pracovníků je současný stav upínání navržen nejlépe, jak může být, za použití přípravků, které mají k dispozici. K upínání jsou využívány různé podpěry, úhelníky, upínky a jiné upínací prostředky. Součást je v průběhu obrábění upínána dvěma způsoby. Změna způsobu upnutí je vždy zdoluhavá, a to především u prvního kusu, jelikož je nutné přípravek nejprve poskládat a ustavit součást do požadované polohy. U dalších obrobků probíhá výměna součásti rychleji, proto je výhodnější obrábět více než pouze jeden kus.

### 2.3.1 První způsob upnutí

Před prvním upnutím je nutné provést rýsování dle operací a výkresu odlitku. Při rýsování je nutné vycházet ze dvou šikmo umístěných nábojů a síly stěny jejich vnitřních čel. Dále je nezbytné při rýsování zohlednit výchozí roviny. Rýsováním je na součásti vyznačena osa součásti, která slouží k vyrovnaní součásti do vodorovné polohy kvůli obrábění. Osa vyznačené rýsováním musejí být přeneseny pro další operace opracování. Tímto způsobem lze zjednodušit a zrychlit manipulaci při ustavení součásti.

Při prvním způsobu upnutí je součást ustavena ve vodorovné poloze. Z důvodu vyosení součásti je nutné použití různých podpěr, aby byla součást na pracovním stole vyrovnána. K tomuto účelu jsou určeny předrýsované osy součásti. Ta je ke stolu připevněna pomocí ustavovacích šroubů s upínkami, čímž je zabráněno jejímu pohybu při obrábění (jsou jí odebrány potřebné stupně volnosti). První metoda není příliš časově náročná díky své jednoduchosti a malé hmotnosti použitých ustavovacích prvků.

Na jedné straně je součást opřena o pracovní stůl. Na druhé straně je nutné ji podložit tak, aby byla osa součásti ve vodorovné poloze. Následně je součást přitáhuta k pracovnímu stolu za použití šroubů a upínek. Spolu s upínkami je poloha součásti zaručena rovněž její značnou hmotností a působením gravitační síly.

Při prvním způsobu upnutí jsou vyfrézovány otvory a vyvrtány díry dle výkresu. Dále je této polohy při obrábění využito k přípravě na další upnutí. Na součásti je frézováním srovnána neopracovaná plocha mezi dvěma náboji sloužící jako dosedací plocha pro další operaci upnutí. Této plochy je následně použito při ustavení a vyrovnaní

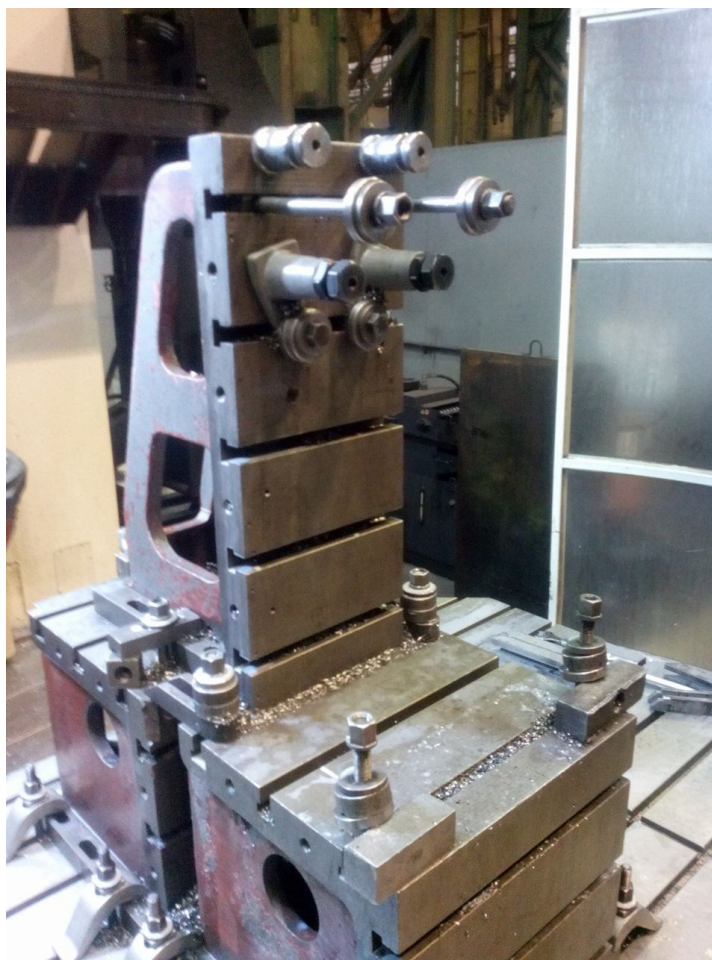


součásti ve vertikální poloze. Kvůli velkým rozměrům a značné hmotnosti součásti je manipulace s ní obtížná a je nutné použití jeřábu.

### 2.3.2 Druhý způsob upnutí

Druhý způsob upínání je v porovnání s prvním způsobem časově náročnější a také komplikovanější z důvodu sestavení přípravku z různých částí. Součást je v tomto případě ustavena ve vertikální poloze, čemuž musíme přípravek přizpůsobit. Využívá se předchozí operace, při níž byla srovnána plocha mezi dvěma náboji. Této plochy je využito při ustavení obrobku.

Upínací přípravek (viz obr. 2.2) se skládá z upínacích kostek a upínacího úhelníku, na který jsou připevněny šroubové stojánky s magnetickou patkou, šroubové stojany a závrtné šrouby pro upínky.

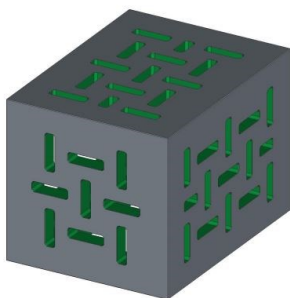
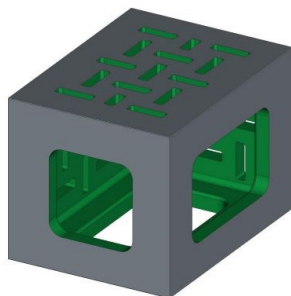


Obrázek 2.2 – Upínací přípravek

Nejprve jsou na pracovní stůl umístěny dvě upínací kostky (viz obr. 2.3), které mají dané rozměry (viz tab. 2.4). Ty slouží jako základna přípravku.

Upínací kostky jsou k pracovnímu stolu připevněny pomocí upínek naklápěcích se šroubem M20 (viz obr. 2.4). Upnutí kostek k pracovnímu stolu lze vidět na obr. 2.5.

Jedna z kostek slouží jako podstava pro odlitek, zatím co na druhou je pomocí šroubů a upínek připevněn upínací úhelník.

Obrázek 2.3 – Upínací kostky <sup>22</sup>Obrázek 2.4 – Naklápěcí upínka <sup>22</sup>Tabulka 2.4 – Rozměry upínacích kostek <sup>22</sup>

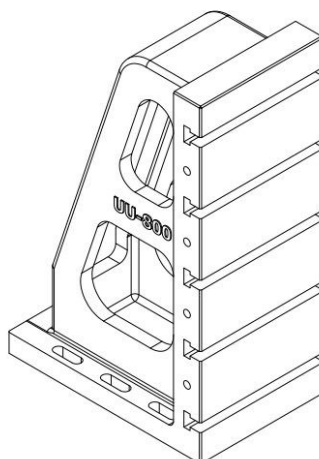
Typ	Rozměr [mm]			T-drážka	Hmotnost
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>šířka [mm]</i>	<i>[kg]</i>
<b>H1</b>	600	700	500	38	330



Obrázek 2.5 – Ustavení upínacích kostek

Upínací úhelník (viz obr. 2.6) o daných rozměrech (viz tab. 2.5) je postaven na jednu z upínacích kostek, k níž je připevněn pomocí šroubů a upínek (viz obr. 2.7). Úhelník je dále využit pro upnutí přípravků, které slouží k upnutí obráběné součásti, v potřebné výšce.



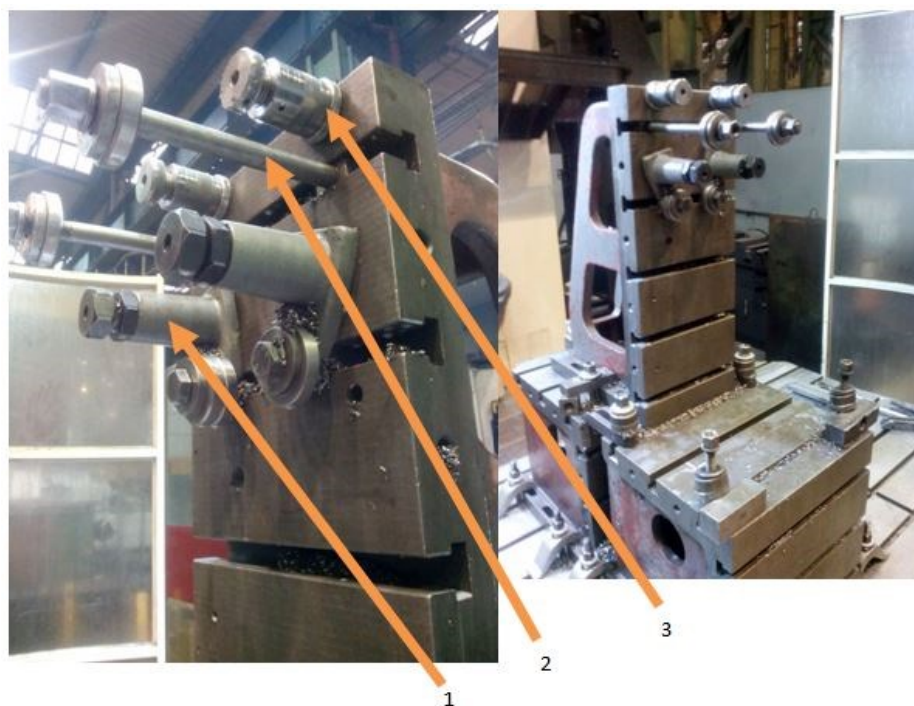
Obrázek 2.6 – Upínací úhelník <sup>23</sup>Tabulka 2.5 – Rozměry upínacího úhelníku <sup>23</sup>

Typ	Rozměr [mm]				T-drážky			Hmotnost
	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>h</i>	<i>počet</i>	<i>šířka [mm]</i>	<i>rozteč [mm]</i>	<i>[kg]</i>
<b>UU800</b>	320	800	500	70	5	22H12	160	350



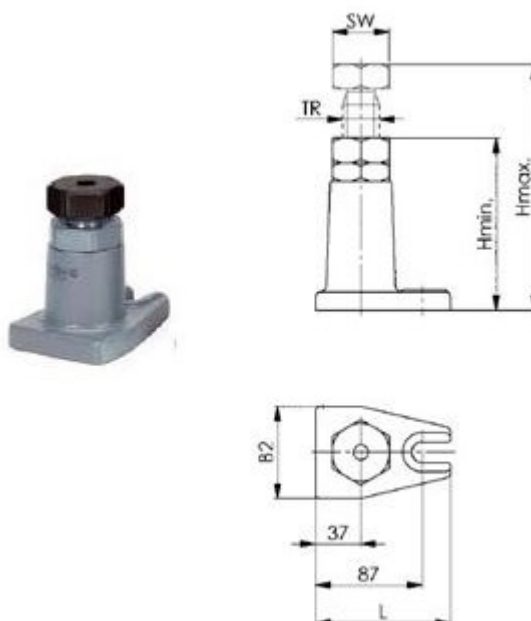
Obrázek 2.7 – Ustavení upínacího úhelníku

Na upínacím úhelníku jsou připevněny upínací přípravky: šroubové stojánky s magnetickou patkou, šroubové stojany a závrtné šrouby pro upínky. Přípravky jsou rozmístěny tak, aby zajistily bezpečné a stabilní upnutí (viz obr. 2.8).



1 – šroubový stojan, 2 – šroub závrtný, 3 – šroubový stojánek s magnetickou patkou  
Obrázek 2.8 – Upínací přípravky

Šroubovací stojan (viz obr. 2.9) se svými charakteristikami (viz tab. 2.6) slouží jako podpěra pro upínku, která přidrží součást. Upínka se jednou stranou opírá o šroubovací stojan, zatímco druhou stranou je opřena o obráběnou součást. Díky stavitelné výšce šroubovacího stojanu lze nastavit potřebnou výšku, aby byla upínka ve správné poloze a mohla tak plnit svou funkci.

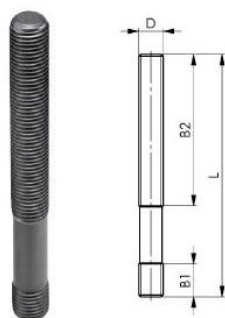


Obrázek 2.9 – Šroubovací stojan <sup>24</sup>

Tabulka 2.6 – Rozměry šroubovacího stojanu<sup>24</sup>

Typ	Velikost	H min.	H max.	TR	B1	B2	L	SW	F max. [kN]	Hmotnost [kg]
72553	140	100	140	30x6	18	75	110	46	60	1.8

Šroub závrtný (viz obr. 2.10) s danými rozměry (viz tab. 2.7) slouží pro upnutí upínky a její dotažení při ustavení obrobku. Ke šroubu je třeba další příslušenství (viz obr. 2.11). Do úhelníku je šroub připevněn prostřednictvím zašroubování do matice, která je vsunuta do T-drážky. V horní části šroubu je nutné použít podložku a matici pro dotažení upínky (viz obr. 2.12).

Obrázek 2.2 – Šroub závrtný<sup>24</sup>Tabulka 2.7 – Rozměry šroubu závrtného<sup>24</sup>

Typ	D x L	B1	B2	Hmotnost [kg]
81513	M20x200	27	122	0,41

Obrázek 2.3 – Příslušenství ke šroubu<sup>24</sup>

Obrázek 2.4 – Upnutí upínky

Šroubovací stojánek s magnetickou patkou (viz obr. 2.13) o daných rozměrech (viz tab. 2.8) slouží jako doraz pro obráběnou součást. Díky permanentnímu magnetu je šroubový stojan připevněn k upínacímu úhelníku, proto není třeba dalších šroubů k jeho ustavení. Přesné ustavení obrobku ve vertikální poloze je zajištěno použitím trvalého magnetu.



Obrázek 2.5 – Šroubovací stojánek s magnetickou patkou <sup>24</sup>

Tabulka 2.8 – Rozměry šroubovacího stojánku s magnetickou patkou <sup>24</sup>

Typ	Velikost [mm]	H min. [mm]	H max. [mm]	TR [mm]	D <sub>1</sub> [mm]	D <sub>2</sub> [mm]	D <sub>3</sub> [mm]	F max. [kN]	Hmotnost [kg]
73403	110	80	110	30x4	50	50	55	100	1,05

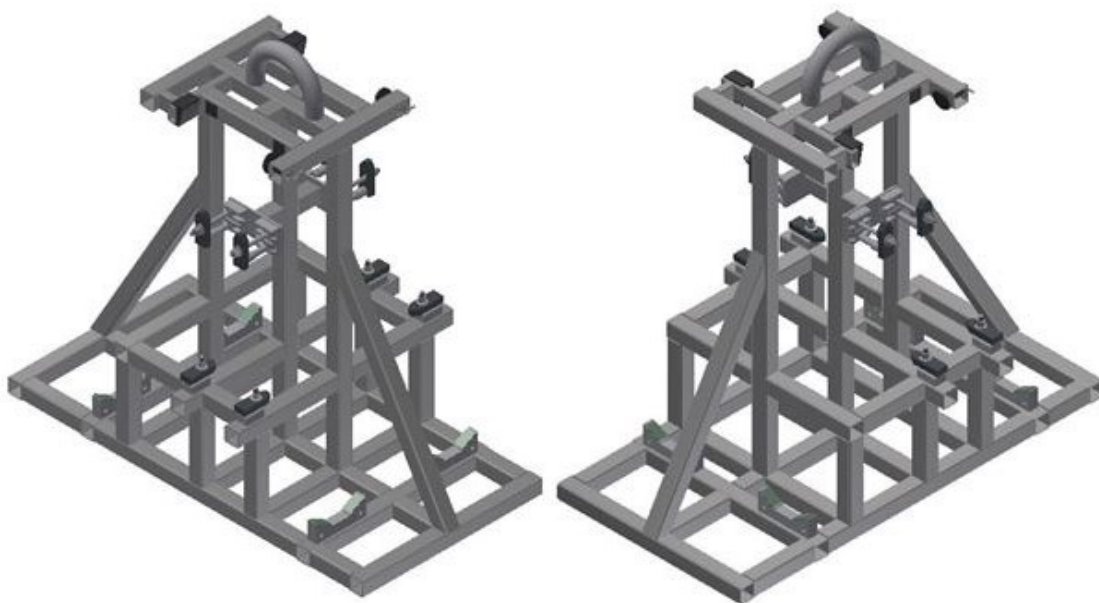
### 3 Návrh efektivnějšího řešení upínání

Návrh efektivnější možnosti upínání obrobku je určen pro druhou fázi ustavení. Dochází zde ke změně současného způsobu upínání, kde je dosud používaný přípravek, který se skládá z upínacích kostek a úhelníku, nahrazen svařovanou konstrukcí. Tím lze docílit snížení vedlejších časů při sestavování přípravku, a tedy ke zrychlení celého procesu.

Navrhovaný přípravek je zhotoven z trubek čtvercového a obdélníkového průřezu, které jsou vyrobeny z materiálu dle normy ISO 4019. Jedná se o konstrukční ocel tvářenou za studena, která je svařovatelná. Trubky jsou upraveny na požadované rozměry (viz tab. 3.1) a následně poskládány a svařeny v přípravek (viz obr. 3.1).

Tabulka 3.1 – Rozměry trubek

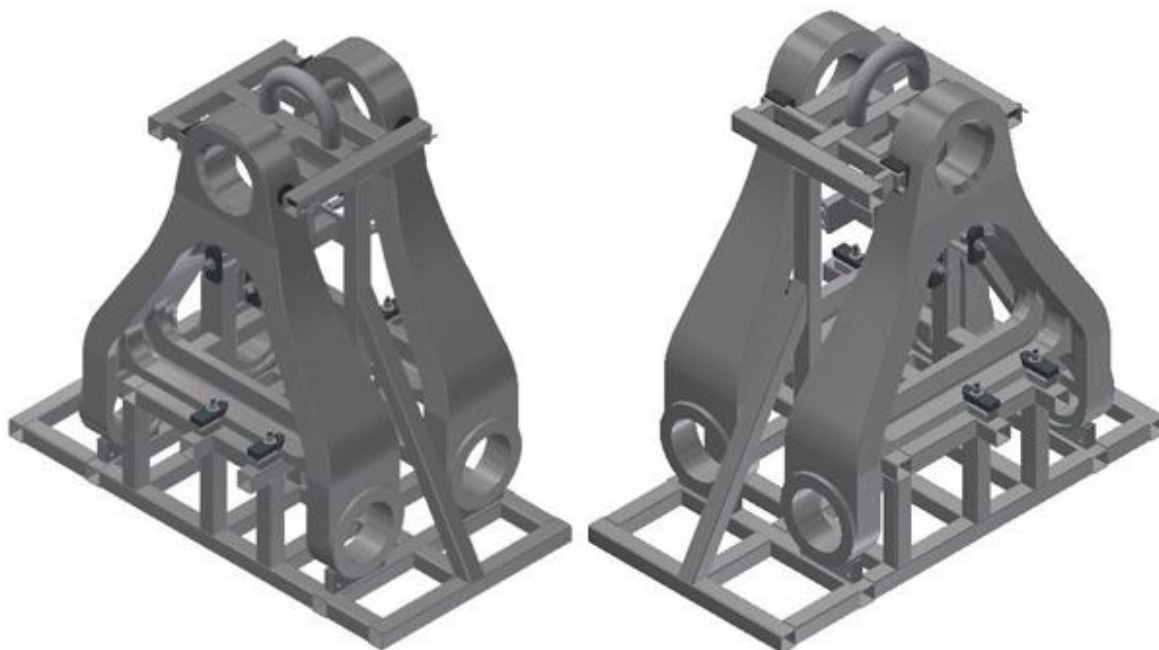
Profil	Rozměry [mm]	Tloušťka [mm]	Hmotnost [kg]	Délka [mm]	Počet kusů
čtvercový	80x80	5	17,5	1550	3
	80x80	5	14,7	1300	2
	80x80	5	12,8	1135	3
	80x80	5	11,4	1010	4
	80x80	5	8,1	720	2
	80x80	5	7,2	640	1
	80x80	5	6,4	565	4
	80x80	5	5,9	525	2
	80x80	5	5,3	465	2
	80x80	5	4,5	394	6
	80x80	5	4,4	385	6
	80x80	5	3,7	329	3
	80x80	5	2,5	219	3
	80x80	5	1,4	120	2
	80x80	5	1,1	100	2
obdélníkový	80x40	5	2,1	320	2
	80x40	5	0,5	75	2



**Obrázek 3.1 – Konstrukce přípravku**

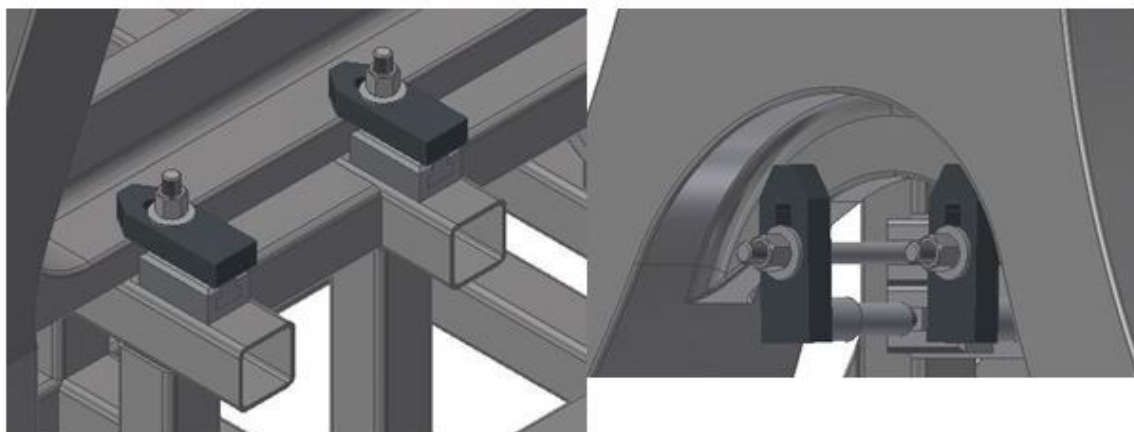
Přípravek je navržen tak, aby bylo možné do něj upnout dva odlitky současně (viz obr. 3.2), čímž lze ušetřit čas věnovaný výměně obráběné součásti. Záměrem pro uvedení do praxe je zhotovení dvou přípravků. V době, kdy bude jeden přípravek na pracovním stole obráběcího stroje a budou v něm ustaveny obráběné odlitky, budou se do druhého přípravku upínat další dvě součásti. Po obrobení odlitků ustavených v prvním přípravku dojde pouze k výměně tohoto přípravku za druhý. Tímto způsobem bude dosaženo maximálního vytížení stroje a omezení vedlejších časů výroby pouze na prodlevu nezbytně nutnou k výměně přípravků.





Obrázek 3.2 – Přípravek s upnutými odlitky

Odlitky jsou v přípravku ustaveny pomocí upínek (viz obr. 3.3). Díky tomu je upnutí velmi snadné a rychlé, stejně jako výměna obráběných součástí. K této výměně je využíván mostový jeřáb, protože odlitky jsou velmi těžké a kvůli jejich rozměrům je jakákoliv manipulace s nimi značně náročná. Mostový jeřáb rovněž slouží pro přesunutí přípravků při jejich výměně.



Obrázek 3.3 – Upnutí odlitku do přípravku pomocí upínek

Jedinou nevýhodou popisovaného přípravku jsou poměrně vysoké pořizovací náklady. Tato skutečnost je však zanedbatelná v porovnání s mnoha výhodami, jako je například výrazné omezení času potřebného pro výměnu a upnutí obráběných součástí, s čímž souvisí také značné zvýšení produktivity obrábění. Další nespornou výhodou je možnost zhotovení přípravku přímo ve firmě, pro kterou je určen, jelikož jednou z jejích specializací je i svařování dílů a konstrukcí. Tím lze ušetřit další náklady, které by v jiném případě bylo nutné vynaložit za výrobu přípravku v jiné firmě.

### 3.1 Upnutí přípravku

Existuje mnoho možností, jak lze přípravek upnout na pracovní stůl. Jako nejefektivnější se jeví následující dva způsoby:

- pomocí upínek,
- pomocí systému ZeroClamp.

#### 3.1.1 Upnutí pomocí upínek

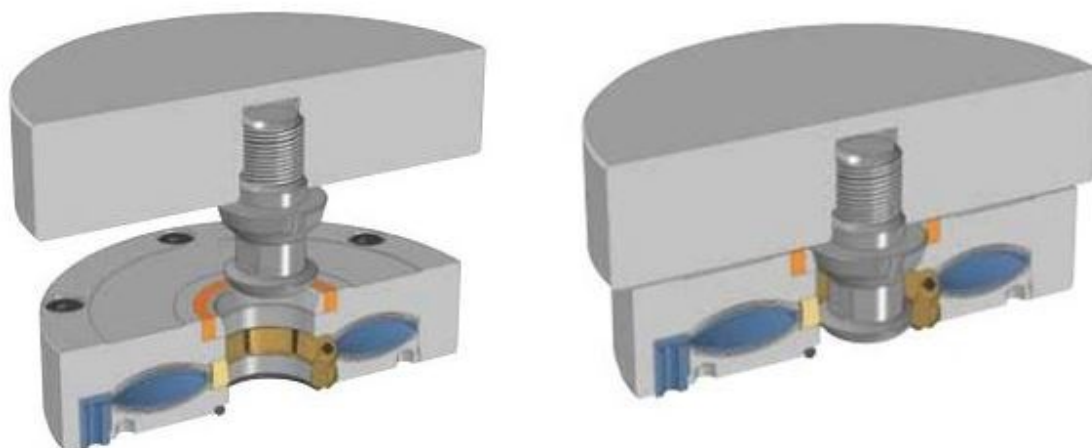
Nejlevnější variantou upnutí přípravku je použití upínek. S jejich pomocí je upnutí snadné a poměrně rychlé. Pro připevnění navrhovaného přípravku k pracovnímu stolu je třeba šest upínek. Je také nutné zajistit stabilní polohu přípravku i při jeho výměně. Toho lze docílit využitím dorazů vhodně rozmístěných na pracovním stole.

#### 3.1.2 Upnutí pomocí systému ZeroClamp

Další možností, jak lze přípravek spolehlivě a rychle upnout na pracovní stůl, je použití upínacího systému ZeroClamp. Jedná se o jeden s nejnovějších upínacích systémů. Způsob upínání je obdobný jako u CNC strojů při upnutí nástrojů. Aby bylo možné tento systém použít, je nutné upravit základnu přípravku. Ta musí být přizpůsobena průběhu upnutí. Proto je nezbytné udělat její konstrukci mohutnější, aby bylo možné do ní zesponu připevnit šrouby, pomocí nichž je přípravek upnut (viz obr. 3.4).

Nejprve je přípravek umístěn na otevřené upínací zařízení. Poté systém sám vtáhne šrouby připevněné k základně přípravku do určených otvorů, díky čemuž zde nehrozí prakticky žádné riziko zaseknutí a zároveň je zajištěna správná poloha přípravku. Zpočátku jsou jednotky uzamykání (upínací klíny) udržovány v rozevřeném stavu kvůli tlaku vzduchu ve vzduchové hadici. Ta je poté odvzdušněna, což způsobí dosednutí obrobku na rovinnou plochu a jeho zafixování v požadované poloze. Tím je upnutí dokončeno.





**Obrázek 3.4 – Upnutí pomocí systému ZeroClamp**

*Zdroj: [http://www.techno-asset.com/documenti/zero-clamp/sistemi-staffaggio-e-punto/zero-clamp-\\_catalogo-generale.pdf](http://www.techno-asset.com/documenti/zero-clamp/sistemi-staffaggio-e-punto/zero-clamp-_catalogo-generale.pdf)*

Mezi největší výhody tohoto systému patří bezesporu rychlost upnutí, proto se jeho použití vyplatí především ve velkosériové výrobě. Dalšími klady jsou například vysoká přesnost a spolehlivost upnutí.

Vzhledem k tomu, že se jedná o nový systém, může být jeho velkou nevýhodou vysoká pořizovací cena. Dalším záporem mohou být komplikace způsobené nutností přizpůsobit základnu přípravku potřebám upínacího systému.

## 4 Technicko-ekonomické zhodnocení

Uvedené časy nutné pro upínání a výměnu jednotlivých odlitků byly převzaty od zaměstnanců firmy, kteří se na obrábění daných součástí podíleli.

U dosud používaného způsobu upínání se využívají následující přípravky:

- upínací kostky,
- upínací úhelník,
- šroubové stojánky s magnetickou patkou,
- šroubové stojany,
- závrtné šrouby pro upínky,
- naklápěcí upínky se šroubem.

Při přechodu na nový způsob upínání byly všechny výše uvedené přípravky nahrazeny pouze jednou svařovanou konstrukcí s upínkami. Navrhovaný speciální přípravek je přizpůsoben charakteristikám konkrétního typu odlitku, pro který je určen.

### 4.1 Výpočet úspory času

Výpočet úspory času je řešen pro dvě možnosti upnutí přípravku na pracovní stůl. První možností je použití upínek a dorazů na pracovním stole. Tento způsob upnutí je výhodný z hlediska nízkých pořizovacích nákladů, ale časově náročnější. Druhá možnost zahrnuje použití upínacího systému ZeroClamp. Pro navrhovaný přípravek by bylo třeba tří párů toho systému, který vyniká velmi rychlým upnutím a uvolněním přípravku, ale jeho pořizovací cena je velmi vysoká.

Úspora je vypočtena pro druhý způsob upnutí, u prvního způsobu nedochází k žádné změně. Úspora se počítá vždy pro jednu obráběnou sérii, která se skládá z deseti odlitků.

- **Současně využívaný přípravek**

$$T_{CS} = t_{sp1} + t_{u1} + 9 \cdot t_{v1} \quad (4.1)$$

$$T_{CS} = 90 + 20 + 9 \cdot 30$$

$$T_{CS} = 380 \text{ min}$$

kde:

$T_{CS}$  .... celkový přípravný čas pro 10ks

$t_{sp1}$  .... čas sestavení přípravku

$t_{u1}$  .... čas prvního upnutí

$t_{v1}$  .... čas výměny součástí

- **Navrhovaný přípravek upnutý pomocí upínek**

$$T_{CN} = t_{sp2} + t_{up} + t_{u2} + 4 \cdot t_{v2} \quad (4.2)$$

$$T_{CN} = 0 + 30 + 10 + 4 \cdot 15$$

$$T_{CN} = 100 \text{ min}$$

kde:

$T_{CN}$ .... celkový přípravný čas pro 10ks u nového přípravku

$t_{sp2}$  .... čas sestavení přípravku

$t_{up}$  .... čas upnutí 2ks do přípravku

$t_{u2}$  .... čas prvního upnutí na stůl stroje

$t_{v2}$  .... čas výměny přípravků

Z důvodu předpokládaného použití dvou přípravků není do výpočtu zahrnuta doba výměny odlitků na jednotlivých přípravech. Tato výměna probíhá současně s obráběním odlitků na druhém přípravku.

Hodinová sazba stroje činní 1500 Kč, cena mi byla sdělena pracovníky firmy.

$$H_s = 1500 \text{ Kč}$$

kde:  $H_s$ .... hodinová sazba stroje

Časová úspora nasazením nového přípravků činní:

$$T_U = T_{CS} - T_{CN} \quad (4.3)$$

$$T_U = 380 - 100$$

$$T_U = 280 \text{ min}$$

$$T_U = 4,67 \text{ hod}$$

kde:  $T_U$  ... časová úspora

Úspora na jedné sérii při 10 kusech:

$$U = T_U \cdot H_s \quad (4.4)$$

$$U = 4,67 \cdot 1500$$

$$U = 7005 \text{ Kč}$$

kde:  $U$  ... úspora na jedné sérii

- **Navrhovaný přípravek upnutý pomocí systému ZeroClamp**

$$T_{CN} = t_{sp2} + t_{up} + t_{u2} + 4 \cdot t_{v2} \quad (4.5)$$

$$T_{CN} = 0 + 30 + 5 + 4 \cdot 10$$

$$T_{CN} = 75 \text{ min}$$

Časová úspora nasazením nového přípravků činní:

$$\begin{aligned} T_U &= T_{CS} - T_{CN} \\ T_U &= 380 - 75 \\ T_U &= 305 \text{ min} \\ \mathbf{T_U} &= \mathbf{5,08 \text{ hod}} \end{aligned} \tag{4.6}$$

Úspora na jedné sérii při 10 kusech:

$$\begin{aligned} U &= T_U \cdot H_s \\ U &= 5,08 \cdot 1500 \\ \mathbf{U} &= \mathbf{7620 \text{ Kč}} \end{aligned} \tag{4.7}$$

### Shrnutí:

Zavedením navrhovaného přípravku do výroby lze výrazně zkrátit vedlejší časy při obrábění. Za předpokladu, že bude přípravek upnut pomocí upínek, zkrátí se vedlejší čas o 4,67 hodin, čímž se ušetří 7 005 Kč na jedné sérii. V případě, kdy by byl přípravek upnut pomocí systému ZeroClamp, bylo by možné ušetřit 5,08 hodin, čímž by se úspory zvýšily o dalších 615 Kč oproti předchozímu způsobu upínání. Celkem by se tedy ušetřilo 7 620 Kč na jedné sérii.

Situace by se však změnila, pokud bychom do výpočtu zahrnuli také pořizovací náklady jednotlivých přípravků. Ten, který je firmou v současné době používán, byl pořízen za 180 000 Kč. Cena navrhovaného přípravku by se pohybovala okolo 50 000 Kč. Pořizovací náklady systému ZeroClamp činí 1000 € za jeden pár. Pro navrhovaný přípravek jsou potřeba tři páry, cena by tedy stoupla na 3000 €, což je v přepočtu přibližně 76 000 Kč.

Daný odlitek je ve firmě obráběn průměrně čtyřikrát za rok. Roční úspora při upnutí nového přípravku upínkami je 28 020 Kč. Návrhovanost přípravku by tedy byla přibližně dva roky. Při použití systému ZeroClamp by se pořizovací náklady vrátily až po obrobení 127 sérií, což by trvalo více než třicet let. Systém by však mohl být používán pro obrábění dalších součástí, čímž by se doba návratnosti zkrátila.

## 5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navržení nového způsobu upínání konkrétního odlitku ve spolupráci s firmou UNEX, a. s. V první části byla teoreticky popsána různá upínací zařízení, zatímco druhá část byla věnována rozboru samotného problému. Nejdříve byl vysvětlen současný způsob upínání, stejně jako jeho jednotlivé části a přípravky k němu použité. Poté následoval návrh efektivnějšího řešení upínání odlitku. Nakonec bylo provedeno shrnutí a technicko-ekonomické zhodnocení.

Výsledkem práce je návrh nového upínacího přípravku. Ten má výrazně nižší pořizovací náklady a umožňuje upnutí dvou odlitků současně, čímž podstatně zkracuje vedlejší časy při obrábění. Pro dosažení ještě vyšší efektivity a další úsporu času je nutné zavést ve výrobě dva navrhované přípravky. Tyto přípravky mohou využívat dva různé způsoby upnutí k pracovnímu stolu stroje, a to buď upínky, nebo nový upínací systém ZeroClamp. Výhody a nevýhody obou možností byly detailně rozebrány v příslušné kapitole této práce.

Dle informací od zaměstnanců firmy je průměrná hodinová sazba obráběcího stroje 1500 Kč. Pořizovací náklady původního přípravku činily 180 000 Kč, zatímco předpokládaná cena nově navrženého přípravku byla stanovena na částku 50 000 Kč. Výrazné zvýšení těchto nákladů by znamenalo použití systému ZeroClamp, kdy by nákupní cena mohla stoupnout i na 126 000 Kč. V obou případech však dochází k zásadnímu snížení vedlejších časů, čímž se zrychluje celý výrobní proces, a dochází tedy k dalším úsporám. Ty mohou dosáhnout až 7 620 Kč na jednu obrobenou sérii o deseti odlitcích.

Realizace bakalářské práce byla přínosem i pro firmu UNEX, a.s., neboť se podařilo nalézt efektivnější způsob upínání vyráběného odlitku. Návrhem efektivnějšího způsobu upínání v podobě přípravku došlo k výrazným časovým i finančním úsporám.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Šárce Malotové za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky při vypracování této bakalářské práce. Rovněž děkuji panu Petru Plškovi za možnost spolupracovat s firmou UNEX a.s., stejně tak i pracovníkům této společnosti.

## Seznam použité literatury

- [1] VÁVRA, Jindřich. *Teorie frézování – Upínání nástrojů a obrobků*. SlidePlayer [online]. Vytvořeno 14.8.2013 [cit. 8.12.2017]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2854006/>
- [2] ŠVRČINA, Josef. *Upínání obrobků – frézování* [online]. Vytvořeno 2012 [cit. 8.12.2017]. Dostupné z: [http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/\\_sablon/Praxe\\_II\\_a\\_III/VY\\_52\\_INOVACE\\_H-02-25.pdf](http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablon/Praxe_II_a_III/VY_52_INOVACE_H-02-25.pdf)
- [3] STAVINOHA, Zdeněk. *Upínání nástrojů a obrobků na frézkách*. Mechatronika [online]. Vytvořeno 29.11.2013 [cit. 8.12.2017]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/?action=2&doc=39667&docGroup=-1&cmd=0&instance=2>
- [4] *Technologie strojího obrábění*. Pracoviště strojírenská [online]. [cit. 8.12.2017]. Dostupné z: <http://web.sstzr.cz/download/cat1/technologie-strojního-obrabení.pdf>
- [5] CHLADIL, Josef. *Přípravky a nástroje: Část - Obrábění*. 3. vyd. Brno: VUT, 1992. ISBN 80-214-0408-6.
- [6] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2336-6.
- [7] *Upínání obrobků*. ELUC [online]. [cit. 8.12.2017]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1211>
- [8] ČEP, Robert, Josef BRYCHTA, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PETŘKOVSKÁ. *Technologie II* [online]. [cit. 8.12.2017]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_2dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf)
- [9] GEISTOVÁ, M. *Přípravky* [online]. Vytvořeno 3.5.2013 [cit. 26.1.2018]. Dostupné z: <https://www.spszengrova.cz/texty/texty/ZAV/ZAV4-P%C5%99%C3%ADpravky-UT.pdf>
- [10] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [11] HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 2: Koroze, základy obrábění*. 2. upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-7183-245-6.
- [12] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3: Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [13] ŘASA, Jaroslav, Jindřich KAFKA a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel, zásady montáže*. Praha: Scientia, 2003. ISBN 80-7183-284-7.

- [14] ZELINKA, Zdeněk. *Konvenční frézování: Upínání obrobků* [online]. Vytvořeno 3.3.2013[cit. 26.1.2018]. Dostupné z: [http://sousvitavy3.netventic.net/repository/medialib/user\\_273/Konvencnifrezovani/VY\\_32\\_INOVACE\\_OVZ\\_1\\_04.pdf](http://sousvitavy3.netventic.net/repository/medialib/user_273/Konvencnifrezovani/VY_32_INOVACE_OVZ_1_04.pdf)
- [15] STAVINOHA, Zdeněk. *Frézování pomocí univerzálního dělicího přístroje*. Mechatronika[online]. Vytvořeno 3.7.2011 [cit. 6.2.2018]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/?action=2&doc=24586&docGroup=4931&cmd=0&instance=2>
- [16] *Dělicí přístroje*. ZOZEI [online]. [cit. 6.2.2018]. Dostupné z: <http://zozei.sssebrno.cz/delici-pristroje/#content1267>
- [17] *Frézování pomocí dělicího přístroje*. ELUC [online]. [cit. 6.2.2018]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1236>
- [18] *Nepřímé dělení*. ZOZEI [online].[cit. 6.2.2018]. Dostupné z: <http://zozei.sssebrno.cz/userdata/filelibrary/upload/nepeime-deleni-jednoduche.pdf>
- [19] CHVÁLA, Břetislav a VOTAVA, Josef. *Přípravky*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1980. ISBN 05-031-80
- [20] *Horizontální vyvrtávačka stolového typu – WFT 13 CNC*. FERMAT [online]. [cit. 21.2.2018]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/wft13-cz>
- [21] *Investice – vodorovné vyvrtávačky*. UNEX [online]. Vytvořeno 13.8.2015 [cit. 21.2.2018]. Dostupné z: <http://www.unex.cz/cs/aktualne/investice-vodorovne-vyvrtavacky>
- [22] *Upínací prvky*. ZPS – SLÉVÁRNA [online]. [cit. 4.3.2018]. Dostupné z: <http://www.sl.zps.cz/cs/upinaci-prvky>
- [23] *UU 800 – UU 6000 – Technické parametry*. TOS Varnsdorf [online]. [cit. 4.3.2018]. Dostupné z: <https://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/prislusenstvi/upinaci-zarizeni/uu-800-uu-6000/>
- [24] *Katalog: Mechanické upínací prvky*. AMF [online]. [cit. 4.3.2018]. Dostupné z: <https://klte.inshop.cz/inshop/Files/AMF-katalog-mechanicke-upinaci-prvky.pdf>
- [25] HIRAM E. GRANT. *Jigs and fixtures: non-standard clamping devices*. TMH ed., [reprint]. New Delhi [u.a.]: TAtA McGraw-Hill, 1995. ISBN 0070993297.
- [26] RANE, Amruta. *Clamping and Clamping Devices*. SlideShare [online]. Vytvořeno 6.12.2016 [cit. 10.5.2018]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/amrutarane5/clamping-and-clamping-devices>



## Seznam obrázků

Obrázek 1.2 – Otočný svěrák.....	12
Obrázek 1.3 – Samostředící svěrák.....	13
Obrázek 1.4 – Výstředníkový svěrák.....	13
Obrázek 1.5 – Pneumatický svěrák.....	14
Obrázek 1.6 – Hydraulický svěrák.....	14
Obrázek 1.7 – Upínací klíny.....	17
Obrázek 1.8 – Upínací šrouby.....	18
Obrázek 1.9 – Upínací matice.....	19
Obrázek 1.10 – Podložky.....	20
Obrázek 1.11 – Upínky.....	21
Obrázek 1.12 – Výstředníky.....	22
Obrázek 1.13 – Upínací úhelník.....	23
Obrázek 1.14 – Jednoduchý dělicí přístroj.....	24
Obrázek 1.15 – Univerzální dělicí přístroj.....	25
Obrázek 1.16 – Naklápěcí upínací stůl.....	25
Obrázek 1.17 – Stavebnicový přípravek.....	26
Obrázek 2.1 – Obráběcí stroj WFT 13 CNC.....	28
Obrázek 2.2 – Upínací přípravek.....	31
Obrázek 2.3 – Naklápěcí upínka.....	32
Obrázek 2.4 – Upínací kostky.....	32
Obrázek 2.5 – Ustavení upínacích kostek.....	32
Obrázek 2.6 – Upínací úhelník.....	33
Obrázek 2.7 – Ustavení upínacího úhelníku.....	33
Obrázek 2.8 – Upínací přípravky.....	34
Obrázek 2.9 – Šroubovací stojan.....	34
Obrázek 2.10 – Šroub závrtný.....	35
Obrázek 2.11 – Příslušenství ke šroubu.....	35
Obrázek 2.12 – Upnutí upínky.....	35
Obrázek 2.13 – Šroubovací stojánek s magnetickou patkou.....	36
Obrázek 3.1 – Konstrukce přípravku.....	38
Obrázek 3.2 – Přípravek s upnutými odlitky.....	39
Obrázek 3.3 – Upnutí odlitku do přípravku pomocí upínek.....	39

Obrázek 3.4 – Upnutí pomocí systému ZeroClamp .....	41
---	----

## Seznam tabulek

Tabulka 2.1 – Technické parametry stroje .....	28
Tabulka 2.2 – Chemické složení materiálu .....	29
Tabulka 2.3 – Mechanické vlastnosti materiálu .....	29
Tabulka 2.4 – Rozměry upínacích kostek .....	32
Tabulka 2.5 – Rozměry upínacího úhelníku .....	33
Tabulka 2.6 – Rozměry šroubovacího stojanu .....	35
Tabulka 2.7 – Rozměry šroubu závrtného .....	35
Tabulka 2.8 – Rozměry šroubovacího stojánku s magnetickou patkou .....	36
Tabulka 3.1 – Rozměry trubek .....	37

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Výrobní výkres upínané součásti

Příloha č. 2 – Výkres sestavy přípravku